



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Off nl gungsschrift**
⑩ **DE 100 47 850 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
C 03 B 21/02
C 03 B 33/085
C 03 B 33/06

⑳ Aktenzeichen: 100 47 850.6
㉔ Anmeldetag: 27. 9. 2000
㉕ Offenlegungstag: 25. 4. 2002

DE 100 47 850 A 1

㉑ **Anmelder:**
Schott-Rohrglas GmbH, 95448 Bayreuth, DE

㉒ **Vertreter:**
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

㉓ **Erfinder:**
Witzmann, Andre, Dr., 95679 Waldershof, DE;
Trinks, Ulla, Dr., 95666 Mitterteich, DE; Krämer,
Hubertus, 95666 Mitterteich, DE; Rustler, Klaus,
95643 Tirschenreuth, DE; Fischer, Erich, 95666
Mitterteich, DE; Hummer, Alexander, 95659
Arzberg, DE; Trinks, Volker, Dr., 95666 Mitterteich,
DE; Fehr, Rupert, 95666 Mitterteich, DE; Wolfram,
Alfons, 95643 Tirschenreuth, DE; Reindl, Markus,
95666 Mitterteich, DE; Haas, Gottfried, 95643
Tirschenreuth, DE

㉖ **Entgegenhaltungen:**

GB	12 64 363 A
US	52 80 130 A
US	52 40 066 A
US	49 13 719 A
US	48 85 945 A
US	48 85 945 A
US	48 28 599 A
US	48 18 266 A
US	46 82 003 A
US	46 75 043 A
US	41 46 380 A
US	41 46 380 A
US	40 36 629 A
US	35 97 182 A
US	31 88 191 A
US	22 15 980 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉗ **Verfahren und Vorrichtung zum Ablängen von Glasrohren**

㉘ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ablängen von Glasrohren.

Die Erfindung ist gekennzeichnet durch die folgenden Verfahrensschritte:

- es wird ein Glasstrang gezogen;
- es wird eine Heizeinrichtung zusammen mit dem Glasstrang verfahren und dabei auf den Bereich einer Soll-Trennstelle gerichtet;
- der Glasstrang wird im Bereich der Soll-Trennstelle gestreckt;
- es wird eine Trenneinrichtung zusammen mit dem Glasstrang verfahren;
- die Trenneinrichtung wird derart betätigt, daß sie den Glasstrang an der Soll-Trennstelle durchtrennt.

DE 100 47 850 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von Rohr-Abschnitten aus fortlaufenden Glassträngen.

[0002] Es ist bekannt, Glasstränge in einem kontinuierlichen Zieh- oder Wiederziehprozeß herzustellen, und in einzelne Abschnitte durch ein Brechen zu zerlegen. Das dabei gewonnene Glasrohr dient für allgemeintechnische oder pharmazeutische Zwecke. Eine wichtige Anforderung an derartige Glasrohre ist die Splitterfreiheit.

[0003] Es sind zahlreiche Veröffentlichungen bekannt geworden, die Vorschläge zum Abtrennen von Glasrohren von einem Glasstrang oder Rohrzug vorsehen. Eine solche Vorrichtung ist in DE 12 64 363 beschrieben. Die Vorrichtung ist jedoch sehr aufwendig und nicht flexibel.

[0004] Es ist bekannt, Glasrohre im kontinuierlichen Rohrzug durch Absprengen mittels Thermoschock abzutrennen. Dabei wird ein Abscheider, zum Beispiel ein gekühltes Metallteil, einer Ziehmaschine nachgeschaltet. Der Abscheider fährt über die noch warme Glasrohr-Oberfläche und erzeugt hierbei einen Anriß. Das Rohr wird durch Aufbringen eines Biegemomentes abgebrochen. Die Rohrenden sind dabei mehr oder minder mit Splintern behaftet, die die Weiterverarbeitung stören.

[0005] Ein splitterfreies Abtrennen der Glasrohre läßt sich durch die sogenannte wärmeweiche Trennung durchführen. Im einzelnen werden die folgenden Verfahrensschritte angewandt:

- a) Erhitzen des Glasrohres bis zum Erreichen der Verarbeitungstemperatur (ca. 1000°C);
- b) anschließendes Verformen mit Formwerkzeugen oder durch Einblasen von Gasen;
- c) Abziehen des erhitzten Bereiches.

[0006] Auch ist es bekannt, dem Abziehen einen Trennvorgang nachzuschalten. DE 40 36 629 und US 3 188 191 beschreiben jeweils einen Ringbrenner. Gemäß US 3 188 191 dient der Ringbrenner zum Erhitzen eines schmalen Bereiches des Glasrohres sowie der Feuerpolitur der Enden des Glasrohres nach dem Ausziehen. Das Verfahren ist diskontinuierlich. Es kann angewandt werden zum Trennen von Rohren mit großem Durchmesser.

[0007] SU 966 048 beschreibt das Trennen von Glasrohren mittels eines Ringbrenners. Hierbei entstehen nach dem Abziehen geschlossene Rohrenden. Weitere einschlägige Druckschriften sind US 5 280 130, US 4 146 380, US 4 913 719, US 4 273 993, US 5 240 066.

[0008] Die Verformung des erhitzten Bereiches erfolgt in vielen Fällen mit Formwerkzeugen, um eine definierte Gestalt (Mündungen, Halsansatzbereiche, Schultern, Profile und so weiter) zu erzeugen. Oft wird die Verformung durch Einblasen von Gasen (Lampenproduktion) unterstützt und mit Beschichtungen oder Preßvorgängen kombiniert.

[0009] In den meisten Fällen dient das Abziehen des erhitzten Bereiches dazu, eine bestimmte Form der Abschnitte zu erreichen, ohne daß die Abschnitte direkt wärmeweich getrennt werden. Meist schließt sich ein anderer Trennprozeß an. Gemäß US 4 885 945 werden zur Herstellung von Mikropipetten Glasrohrbereiche erhitzt und anschließend bis zu einer Spitze ausgezogen. Gemäß US 4 675 043 wird für die Produktion von Tintenstrahldruckern ein Verfahren beschrieben, um Rohrabchnitte nur durch definiertes Heizen und Ausziehen die geforderten Dimensionen zu verleihen. Es ist auch bekannt, die Heizquelle beim Ausziehen nachzuführen, so daß die heißeste Zone immer mittig im erhitzten Bereich liegt. Siehe US 4 818 266 und

US 4 828 599.

[0010] Erfolgt nach dem Abziehen eine Trennung, so gibt es je nach Produktanforderung verschiedene Möglichkeiten der Endenausbildung. Zum einen erfolgt die Trennung nicht wärmeweich, zum anderen können bei der wärmeweichen Trennung offene oder geschlossene Enden entstehen. Bekannt sind die Verfahren zur Ampullen-, Fläschchenherstellung, bei der jeweils ein Boden und ein offenes Ende entstehen (zum Beispiel DE 196 12 265).

[0011] In US 2 215 980 ist beschrieben, wie Glasartikel (Blaskappen) abgetrennt werden, indem das Glasrohr an der Trennstelle mit bewegten Brennern bis Verarbeitungstemperatur erhitzt und anschließend abgezogen wird. Danach entzieht man dem Brenner Sauerstoff. Luft wird in das Glasrohr eingeblasen, so daß die ausgezogene Zone gekühlt wird. Am Rand der ausgezogenen Zone wird wieder erhitzt (Trennbrenner – mehr Sauerstoffzufuhr) bis zur Trennung. Der Brenner wird noch zum Vorwärmen des Randes genutzt. Eine Blaskappenabtrennung nach einem ähnlichen Verfahren, jedoch mit Laserheizung ist in US 4 682 003 beschrieben. US 3 597 182 beschreibt eine Bodenformung bei nicht kreisförmigem Querschnitt durch wärmeweiches Trennen. [0012] Gemäß US 4 146 380 wird ein Laser zum Erhitzen eines schon ausgezogenen Bereiches verwendet, der bis zur Trennung wirkt; ein defokussierter Laserstrahl wird zum Vorwärmen genutzt.

[0013] DE 37 44 369 beschreibt eine Brenneranordnung und -mitführung, bei der das Rohr bis Verarbeitungstemperatur lokal erhitzt wird, Rollen ziehen diesen Bereich nach unten ab. Das Rohr wird dabei um seine Längsachse gedreht. Als Ergebnis erhält man verschmolzene Rohrböden. Zusätzlich zu den Gas-/Luft-, oder Sauerstoffbrennern wird elektrische Energie mittels Elektroden (auf Vor- und Rückseite des Rohres entsteht ein Lichtbogen, so daß das Rohr über dem Umfang gleichmäßig erhitzt ist) zugeführt. Vor Verschließen des Rohres wird ein Loch mittels Lochbrenner in das Rohr gebrannt. Trennwerkzeuge wie Messer und Scheren werden vorzugsweise nur zum Trennen (Scherschneiden) von aus der Glasschmelze kommenden hochviskosen Glassträngen oder Tropfen eingesetzt (DE 19 62 282).

[0014] Gemäß GB 1 264 363 wird die Herstellung von geschlossenen Glasröhren für die pharmazeutische Industrie durch wärmeweiches Trennen nach der Ziehmaschine beschrieben. Dabei wird ein Bereich des Rohres durch eine Anzahl mechanisch synchron mitgeführter Brenner erhitzt, abgetrennt und mit einer Geschwindigkeit, die größer als die der Ziehmaschine ist, abgeführt.

[0015] Alle diese bekannten Vorrichtungen beziehungsweise Verfahren zum Ablängen von Glasrohren von einem fortlaufenden Rohrstrang sind nicht befriedigend. Sie sind entweder ungeeignet, splitterfreie Enden herzustellen, oder sind aufwendig, oder nicht flexibel, oder nicht für den Dauereinsatz geeignet.

[0016] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, womit sich Glasrohre von einem laufenden Glasstrang abtrennen lassen, ohne daß hierbei Splitter entstehen, die anschließend durch einen Waschprozeß entfernt werden müssen. Außerdem sollen ein solches Verfahren beziehungsweise eine solche Vorrichtung einfach im Aufbau, kostengünstig in der Herstellung und im Betrieb, einfach in der Handhabung und flexibel sein.

[0017] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der selbständigen Ansprüche gelöst.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt die folgenden Verfahrensschritte:

- 1.1 es wird ein Glasstrang in Richtung seiner Längs-

achse gezogen;

1.2 es wird eine Heizeinrichtung zusammen mit dem Glasstrang parallel zu diesem verfahren, wobei die Soll-Trennstelle erwärmt wird;

1.3 der Glasstrang wird im Bereich der Soll-Trennstelle gestreckt;

1.4 es wird eine Trenneinrichtung zusammen mit dem Glasstrang – somit parallel zu diesem – verfahren;

1.5 die Trenneinrichtung wird betätigt, so daß sie den Glasstrang an der Soll-Trennstelle durchtrennt, womit ein Rohrabschnitt oder Glasrohr anfällt.

[0019] In der Praxis wird man im allgemeinen mehrere Ringbrenner als Heizeinrichtung einsetzen. Es kann aber auch nur ein einziger Ringbrenner verwendet werden. Ringbrenner und Trenneinheit werden synchron mit dem Glasstrang bewegt.

[0020] Damit lassen sich im automatischen 24 h-Betrieb splitterfreie Rohrabschnitte herstellen.

Einzelheiten einer praktischen Ausführungsform

[0021] Werden Ringbrenner verwendet, so wird deren Innendurchmesser sowie deren Heizonenbreite dem Außendurchmesser des Glasrohres, der Wanddicke und dem Trennprozeß angepaßt. Es können mehrere Brennertypen über das gesamte Rohrspektrum verteilt vorgesehen werden.

[0022] Die Ringbrenner sind zweckmäßigerweise derart gestaltet, daß sie bei einem Produktwechsel leicht und schnell ausgetauscht werden können. Dabei wird der einzelne Ringbrenner zweckmäßigerweise nach Art einer Zange gestaltet, deren beide Teile den Rohrstrang umfassen, und die weggeschwenkt werden können, um den Rohrstrang in die Anlage einzufädeln. Die Brenner und die Einstellung der Heizleistung werden durch eine Steuereinrichtung gesteuert.

[0023] Bei schmalen Heizonen kommen Laser als Heizeinrichtung in Betracht, insbesondere CO₂-Laser mit einer ringförmigen Heizzone.

[0024] Am Ende der Wirkungsstrecke einer jeden Heizeinrichtung ist ein Infrarotsensor angeordnet, der die Temperaturverteilung in axialer Richtung mißt. Hieraus können Temperatursignale bezüglich Amplitude, Breite und zeitlichem Abstand der Heizonen erzeugt werden. Die Meßergebnisse werden ausgenutzt zur Leistungsregelung und zur Geschwindigkeitssynchronisation der Heizeinrichtungen. Die Sensorsignale dienen gleichzeitig als Kontrollsignale für den störungsfreien Betrieb der Anlage.

[0025] Das Trennen kann auf mechanische Weise vorgenommen werden, beispielsweise mittels einer Trennschere. Dabei können die beiden Scherenmesser gegeneinander verspannt sein. Die Geometrie der Schneiden ist auf die Rohr-Geometrie und die Bewegungsbahn der Messer abgestimmt. Der gesamte Bewegungsablauf wird über eine Servosteuerung gesteuert. Die Schneidkraft kann über Federn begrenzt werden, um die Messer bei großer Glaszähigkeit zu schützen. Die Messer können bei Bedarf auch temperiert werden, und zwar durch Heizen oder Kühlen. Zum Herstellen offener Rohre kann das Schneidverfahren derart gestaltet werden, daß das Rohr nicht vollständig verschlossen wird.

[0026] Es ist auch möglich, die Trennung durch Energiezufuhr zu bewirken, insbesondere durch einen Brenner oder einen Laser. Durch Wahl der Heizonenbreite und der Art des Trennverfahrens ist es möglich, geschlossene, einseitig offene oder beidseitig offene Rohre herzustellen.

[0027] Es kann zweckmäßig sein, einen weiteren Laser vorzusehen, der beispielsweise einen CO₂-Laserstrahl erzeugt, und der beim Trennen ein Loch z. B. in die wärme-

weiche Trennzone einbringt. Der Laserstrahl wird durch eine synchron mit dem Glasstrang bewegte Optik auf die gewünschte Position geführt.

Lineareinheiten

– Die synchrone Bewegung der Brenner und der Trenneinheit wird über Lineareinheiten, die mit Servomotoren über entsprechende Controller angetrieben werden (Prinzip "fliegende Säge"), realisiert.

– Über ein elektronisches Getriebe erfolgt die Feineinstellung auf die Rohrzuggeschwindigkeit, die von einem Encoder aufgenommen wird. Die Geschwindigkeitssynchronisation ist besser als 10⁻³.

– Die Startzeitpunkte der Achsen werden aus dem Ausgangssignal des elektronischen Getriebes in einer Zählerschaltung realisiert, die variable Rohrlängen zuläßt.

– Die maximale, synchrone Mitfahrstrecke einer Achse ist, abhängig von der Rohrzuggeschwindigkeit und Abschnittlänge, zwischen ca. 0,50 und 1,20 m.

Rohrführung

– Die Rohraufgabe besteht aus zylindrischen und V-Rollen (Material vorzugsweise Kohle), deren Umfangsgeschwindigkeit der Rohrgeschwindigkeit angepaßt ist, beziehungsweise deren Geschwindigkeit um ca. 5–10% gegenüber der Rohrzuggeschwindigkeit überhöht ist, um ein Austragen der Rohre, ohne daß sich die noch heißen Enden berühren, zu ermöglichen. Zusätzliche V-Rollen oberhalb des Rohres sorgen für die Zentrierung des Rohrs im Zentrum der Brenner. Die komplementären Rollenpaare gewähren dem Rohr ein Spiel senkrecht zur Rohrachse von maximal 1,5 mm. Die Anpassung der Rohrführung an die unterschiedlichen Außendurchmesser erfolgt vollautomatisch nach den Außendurchmesserwerten der übergeordneten SPS.

– Über Rohrführungseinrichtungen, die temporär in den Rohrzug eingebracht werden, wird ein automatisches Einfädeln des Rohrs in die Anlage realisiert.

– 1–2 zusätzliche, zylindrische Rollen (Oberflächenmaterial mit hohem Haftreibungskoeffizienten zum Glas, zum Beispiel Silicon, Viton), die von oben über Gewichts- beziehungsweise Federkraft auf dem Rohr aufliegen, dienen der zusätzlichen Beschleunigung des zu trennenden Rohrs im Bereich der Trenneinheit und danach. Abhängig vom Trennverfahren ist die Umfangsgeschwindigkeit dieser Rollen ca. 3–15% höher als die Rohrzuggeschwindigkeit. Wegen der Temperaturempfindlichkeit des Materials werden diese Rollen zum Beispiel über pneumatische Zylinder im Bereich der Heizstellen vom Rohr abgehoben. Alternative Einrichtungen sind denkbar, zum Beispiel Zangen, Greifer, Ketten.

Steuerung

– Wechsel zwischen den Betriebszuständen (Rohr im Scherbenbrecher für Service/Wartung und bei Störungen, konventionelles Trennen, wärmeweiches Trennen)

– Vorgabe Brennereinstellung, Parametrierung Linearachsen, Einstellung der Rohrführung, Kontrolle der Anlage.

– Vor der Trennanlage befindet sich ein Scherbenbrecher, der die Trennanlage bei stark schwankendem Au-

Bendurchmesser (nach dem Aufziehen, bei Störungen) und bei Wartungsarbeiten vom einlaufenden Rohr freihält.

– Sensoren im Verlauf der Rohrführung dienen der Kontrolle des Rohrverlaufes in der Anlage, bei Störungen wird der Scherbenbrecher aktiviert.

Blasluftregelung

[0028] Es müssen geeignete Regelkreise zur Einstellung der Rohrgeometrie im Ziehprozeß vorhanden sein, die in der Lage sind, die Rohrgeometrie bei offenem Rohrende (konventionelles Trennen) und geschlossenem Rohrende (wärmeweiches Trennen) sowie beim Wechsel entsprechend auszuregulieren (zum Beispiel Konstantdruckregelung).

[0029] Die Erfindung ist anhand eines Blockschaltbildes erläutert. Hieraus erkennt man den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum splütfreien Ablängen von Glasrohren im Rohrzug.

[0030] Die erfindungsgemäße Anlage befindet sich im Rohrzug hinter der Ziehmaschine, die für den kontinuierlichen Abzug des Rohres eingesetzt wird.

[0031] Am Eingang der Anlage befindet sich ein Scherbenbrecher. Er dient dazu, das Rohr, welches außer der Toleranz der Rohrführungseinrichtungen in der Anlage liegt, vor der Anlage gebrochen wird, um Beschädigungen der Anlage durch zum Beispiel zu große Außendurchmesser zu vermeiden. Zusätzlich dient er zum Freihalten der Anlage für Service und Wartungszwecke oder im Störfall. Der Scherbenbrecher ist gekoppelt mit einem kommerziellen Außendurchmessermeßgerät, das kontinuierlich die erforderlichen Außendurchmesserwerte liefert. Die Kontrolle des Außendurchmessers und Ansteuerung des Scherbenbrechers erfolgt durch die SPS und durch die zusätzlichen Sicherheitsschaltungen.

[0032] Die Heizeinheiten sind als Ringbrenner ausgeführt, die eine über den Umfang homogene Erhitzung der Trennstelle ermöglichen. Das Rohr wird mittels geeigneter Rohrführungseinrichtungen konzentrisch zum Ringbrenner geführt. Die Zentrierung gewährleistet eine über den Rohrumfang gleichmäßige Erhitzung, die sowohl für die Schnittqualität als auch zur Erzielung einer fangen Messerstandzeit notwendig ist. Vorzugsweise werden Gas-Sauerstoff-Brenner eingesetzt, wobei je nach Geometrie außen- oder innenmischende Brenner verwendet werden können. Zur Erzielung möglichst hoher Aufheizraten beziehungsweise Endtemperaturen sind auch Wasserstoffbrenner einsetzbar. Prinzipiell sind alle Brennertypen beziehungsweise auch alternative Heizverfahren anwendbar, die eine über den Umfang homogene Erhitzung der Trennstelle bei entsprechender Aufheizrate gewährleisten. Zu den alternativen Heizverfahren zählen zum Beispiel Laserheizung, HF- oder Mikrowellenheizung, elektrisch unterstützte Brennerheizung und so weiter. Das zeitliche Profil der Aufheizung wird über die Brennerheizleistung und die Mitfahrstrecken der Brenner gesteuert.

[0033] Die Bewegung der Heizeinheiten synchron zur Rohrtranslation erfolgt durch Lineareinheiten, auf denen die Heizeinheiten montiert sind. Die Ansteuerung der Controller der Lineareinheiten und die Synchronisation der hintereinander angeordneten Heizeinheiten auf die Trennstelle wird durch die übergeordnete SPS realisiert (Prinzip "Fliegende Säge"). Entsprechend der erzielten Heizleistung und der verfügbaren Heizzeit pro Heizeinheit werden ein oder mehrere identische Heizeinheiten hintereinander angeordnet, um die für die nachfolgende Trennung erforderliche Temperatur von ca. 1000°C zu erreichen. Um einen störungsfreien Übergang zwischen konventionellem Trennen

und dem wärmeweichen Trennen zu ermöglichen, erfolgt der Start beziehungsweise das Abschalten der einzelnen Brenner und der Abschnidevorrichtungen in einer Art Staffellauf synchron mit der Bewegung der Heizstelle.

[0034] Hinter jeder Heizeinheit befindet sich ein Infrarotdetektor, der die zeitliche Position und das axiale Temperaturprofil der Heizzone aufnimmt. Nach Auswertung der Signale, vorzugsweise mit einem Signalprozessor, werden Informationen zur Positions- und Geschwindigkeitskorrektur der Heizeinheiten abgeleitet. Die Geschwindigkeit wird durch die Korrektur einer Leitfrequenz, die zum Beispiel von der Ziehmaschine gewonnen wird, fein abgestimmt. Die Feinabstimmung ist notwendig, da die Leitfrequenz üblicherweise die Rohrzuggeschwindigkeit nur mit einer Genauigkeit im Prozentbereich abbildet. Der Geschwindigkeitsfehler ist durch Abnutzung der Ziehvorrichtung oder zum Beispiel wechselndem Schlupf bei Temperaturänderungen zeitabhängig. Direkte, kontinuierliche Messungen der aktuellen Rohrzuggeschwindigkeit wären extrem kostenaufwendig.

[0035] Nachdem die Trennzone die erforderliche Temperatur erreicht hat, wird das abzutrennende Rohrstück gegenüber der Rohrzuggeschwindigkeit um bis zu 10% beschleunigt, damit wird eine Verjüngung des Rohrs und eine Reduktion der Wanddicke im Bereich der Trennstelle erzielt mit den Vorteilen:

- verbesserte Rohrendenqualität,
- Reduktion der Belastung des Messers beim nachfolgenden Trennvorgang,
- Ermöglichung einer hohen Trenngeschwindigkeit (Zustellzeit des Messer < ca. 100 ms), und
- Verkürzung der Zeit für das Einbringen eines Belüftungsloches in der wärmeweichen Zone.

[0036] Die Beschleunigung des zu trennenden Rohrstückes erfolgt durch eine zusätzliche Andruckrolle, die über einen geeigneten Mechanismus im Bereich der heißen Rohrenden vom Rohr abgehoben wird, um die Degeneration des Rollenbelages im Kontakt mit den noch ca. 1000°C heißen Rohrenden zu vermeiden.

[0037] Zusätzlich wird mit der beschleunigten Bewegung die Separation der getrennten Rohrenden gesichert.

[0038] Die Trennung des Rohrs im Bereich der erhitzten, plastisch verformbaren Zone erfolgt in einem Schneidprozeß mit einer Messerkonstruktion, bei der die Messerbewegung über einen Servomotor in einem optimierten Weg-Zeit-Profil realisiert ist. Die Schneidmesser sind über einen Federmechanismus an den Antrieb gekoppelt. Diese elastische Kopplung ermöglicht zum einen eine kontinuierliche, qualitative Messung der Glasviskosität im Bereich der Trennstelle über die aktuelle Schnittgeschwindigkeit. Diese Werte werden in der SPS zur Kontrolle und Optimierung des Aufheizvorganges verwendet. Andererseits wird die Gefahr der Beschädigung der Messer bei Funktionsstörungen der Anlage reduziert.

[0039] Um die Ausbildung eines Unterdruckes im Rohr bei der Abkühlung (während des Trennvorganges beträgt die Einlauftemperatur des Rohrs in die Anlage ca. 100 bis 400°C) und die damit verbundenen Probleme bei der Weiterverarbeitung der abgetrennten Rohrstücke zu vermeiden, wird im heißen Zustand ein Belüftungsloch eingebracht. Vorteilhafterweise erfolgt dieses synchron (nur örtlich versetzt) zum Trennvorgang, da dann die Linearachse des Trennwerkzeugs auch zur Mitführung des Lochbrennwerkzeugs genutzt werden kann. In der erfindungsgemäßen Anlage erfolgt dieses Einbringen des Belüftungsloches durch einen fokussierten CO₂-Laserstrahl, wobei auf der Linear-

achse nur ein Umlenkspiegel und eine motorisch verstellbare Fokussieroptik mitgeführt werden. Die Laserparameter sind so eingestellt, daß die Locheinbringung, entsprechend der zur Verfügung stehenden synchronen Mitfahrzeit, in < 500 ms erfolgt.

[0040] Zusätzliche Sensorik dient der Kontrolle der erfolgreichen Einbringung des Belüftungsloches. Diese Kontrolle ist essentiell, denn bei fehlendem Belüftungsloch kann im allgemeinen die splitterfreie Weiterverarbeitung des Rohres nicht garantiert werden. Ursachen für fehlende Entlüftungslöcher können Störungen im Prozeß oder Glasfehler sein. Die Kontrolle des Belüftungsloches erfolgt vorteilhaft beim Einbringen desselben durch die Detektion der Erhitzung der dem Loch gegenüberliegenden Seite des Rohres durch den CO₂-Laserstrahl. Aufgrund der geringen Absorptionslänge des Laserstrahls erfolgt eine Erhitzung der gegenüberliegenden Rohrseite erst nach dem Durchbrennen des Lochs. Der Nachweis der Erhitzung der gegenüberliegenden Rohrseite geschieht zum Beispiel durch einen Photodetektor im sichtbaren oder IR-Bereich, dessen Sichtfeld durch eine Apertur auf die gegenüberliegende Rohrseite beschränkt ist, um Reflex- oder Streulichtanteile von der Lochseite zu unterdrücken. Alternativ ist der Einsatz von CMOS- oder CCD-Kameras mit nachfolgender Bildauswertung möglich. Außerdem ist zum Beispiel die Auswertung der Leuchterscheinung (Plasma) beim Lochdurchbrennen oder der Veränderung der Reflexion des CO₂-Laserstrahls zum Nachweis der Lochbildung möglich. Aufgrund der unruhigen Rohrlage sind diese Methoden jedoch wenig empfindlich. Ein Vorteil der direkten Beobachtung ist die Möglichkeit des Abschaltens der Laserstrahlung direkt nach dem Lochdurchbrennen. Auf diese Weise wird die Bildung von Verdampfungsprodukten und eine mögliche Kondensation im Rohr reduziert.

[0041] Auch im weiteren Prozeß ist die Detektion des Belüftungsloches zum Beispiel mit optischen Methoden im sichtbaren und den angrenzenden Spektralbereichen möglich. Neben der direkten Detektion des Loches läßt sich auch die Veränderung der Rohrendenform auswerten, die durch die Unterdruckbildung und das damit verbundene "Einziehen" der nach der Trennung noch niedrigviskosen Rohrenden bei nicht vorhandenem Belüftungsloch verursacht wird. [0042] Die Rohre ohne Belüftungsloch werden mit einer üblicherweise vorhandenen Sortiervorrichtung aussortiert. [0043] Der Abtransport der Rohre zur Weiterverarbeitung erfolgt durch aktiv angetriebene Stützrollen mit einer Geschwindigkeit, die ca. 10% höher als die Rohrzuggeschwindigkeit ist, um einen Kontakt der Rohrenden zu vermeiden. Die Weiterverarbeitung der Rohre erfolgt unter geeigneten Umgebungsluftbedingungen (zum Beispiel Reinraum, laminar flow Box, . . .), um eine spätere Verunreinigung bei der Belüftung der Rohre zu verhindern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ablängen von Glasrohren mit den folgenden Verfahrensschritten:

- 1.1 es wird ein Glasstrang gezogen;
- 1.2 es wird eine Heizeinrichtung zusammen mit dem Glasstrang verfahren und dabei auf den Bereich einer Soll-Trennstelle gerichtet;
- 1.3 der Glasstrang wird im Bereich der Soll-Trennstelle gestreckt;
- 1.4 es wird eine Trenneinrichtung zusammen mit dem Glasstrang verfahren;
- 1.5 die Trenneinrichtung wird derart betätigt, daß sie den Glasstrang an der Soll-Trennstelle durchtrennt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den wärmeweichen Trennbereich des Glasstranges ein Loch eingebrannt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Einbrennen des Loches ein Laserstrahl verwendet wird.

4. Vorrichtung zum Ablängen von Glasrohren, umfassend:

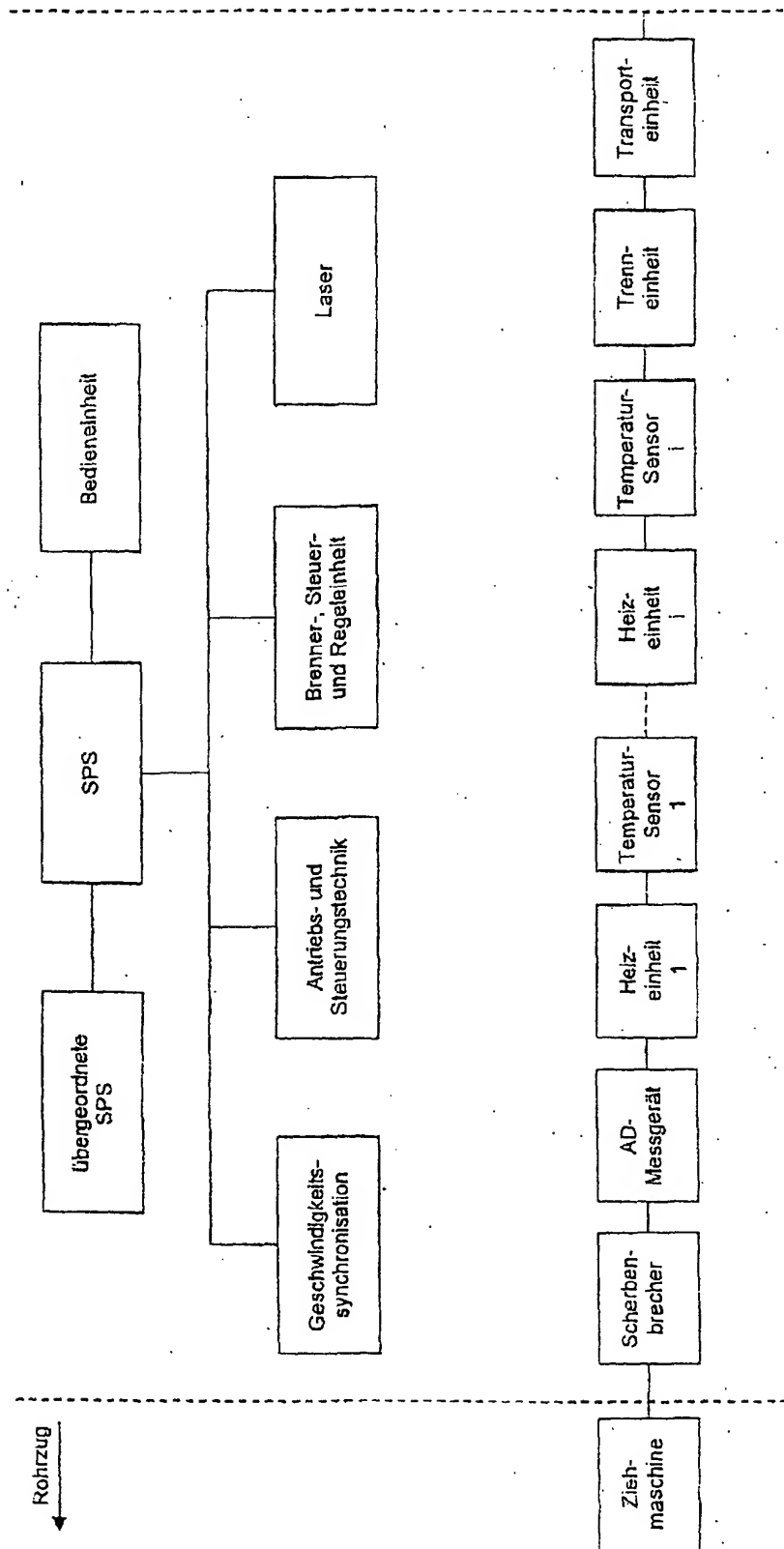
- 4.1 eine Fördereinrichtung zum Fördern und Führen des Glasstranges;
- 4.2 eine Heizeinrichtung, die zusammen mit dem Glasstrang verfahrbar und dabei auf den Bereich einer Soll-Trennstelle richtbar ist;
- 4.3 eine Einrichtung zum Strecken des Glasstranges auf seinem Förderweg;
- 4.4 eine zusammen mit dem Glasstrang verfahrbare Trenneinrichtung;
- 4.5 einen Aktuator zum Betätigen der Trenneinrichtung bei Erreichen der notwendigen Verarbeitungstemperatur.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Lasereinrichtung zum Einbrennen eines Loches in den wärmeweichen Bereich des Glasstranges vorgesehen ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Nachweis der Lochausbildung vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung wenigstens einen Ringbrenner umfaßt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



Figur 1: Schematischer Aufbau einer Vorrichtung zum splitterfreien Ablängen von Glasrohren im Rohrzug.